

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-020969

(43)Date of publication of application : 21.01.1997

(51)Int.Cl.

C22C 45/02  
H01F 1/153

(21)Application number : 07-261485

(71)Applicant : KAWASAKI STEEL CORP

(22)Date of filing : 09.10.1995

(72)Inventor : KOGIKU FUMIO  
OKABE SEIJI  
MATSUKI KANENORI  
YUKIMOTO MASAO

(30)Priority

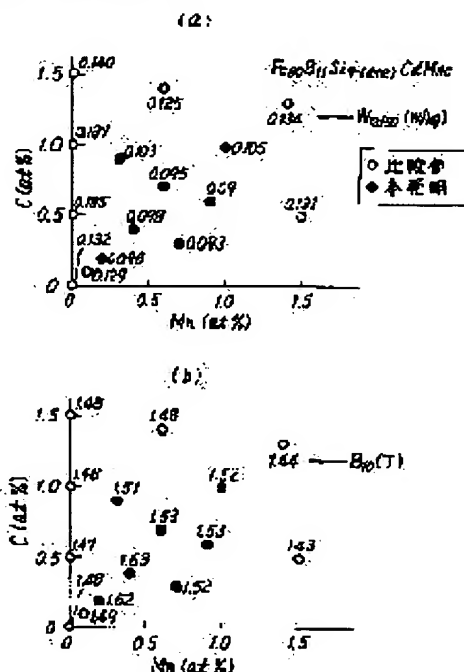
Priority number : 07108441 Priority date : 02.05.1995 Priority country : JP

## (54) IRON-BASE AMORPHOUS ALLOY EXCELLENT IN THERMAL STABILITY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To produce an iron-base amorphous alloy excellent in magnetic characteristic and thermal stability in an Fe-B-Si-C amorphous alloy by adding a small amt. of Mn.

SOLUTION: This iron-base amorphous alloy is shown by  $\text{FeaBbSicMne}$ , where  $78 \leq a \leq 82$  atomic %,  $9 \leq b \leq 15$  atomic %,  $5 \leq c \leq 12$  atomic %,  $0.2 \leq d \leq 1.0$  atomic % and  $0.2 \leq e \leq 1.0$  atomic %. The  $W_{13/50}$  at  $100^\circ \text{C}$  (iron loss at 50Hz and 1.3T) is controlled to  $\leq 0.2 \text{ W/kg}$  and the  $B_{10}$  (magnetic flux density at 1000A/m external magnetic field) to  $\geq 1.50 \text{ T}$ . Consequently, the magnetic characteristic is improved, and an iron-base amorphous alloy having excellent iron loss and magnetic flux density even at a high temp. of  $100^\circ \text{C}$  is obtained.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.03.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3208051

[Date of registration] 06.07.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-20969

(43) 公開日 平成9年(1997) 1月21日

| (51) Int.Cl. <sup>6</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I           | 技術表示箇所 |
|---------------------------|------|--------|---------------|--------|
| C 2 2 C 45/02             |      |        | C 2 2 C 45/02 | A      |
| H 0 1 F 1/153             |      |        | H 0 1 F 1/14  | C      |

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 5 頁)

|              |                 |          |  |
|--------------|-----------------|----------|--|
| (21) 出願番号    | 特願平7-261485     | (71) 出願人 | 000001258<br>川崎製鉄株式会社<br>兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号 |
| (22) 出願日     | 平成7年(1995)10月9日 | (72) 発明者 | 小菊 史男<br>千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内        |
| (31) 優先権主張番号 | 特願平7-108441     | (72) 発明者 | 岡部 誠司<br>千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内        |
| (32) 優先日     | 平7(1995)5月2日    | (74) 代理人 | 弁理士 杉村 暁秀 (外4名)                                |
| (33) 優先権主張国  | 日本 (J P)        |          |  |

最終頁に続く

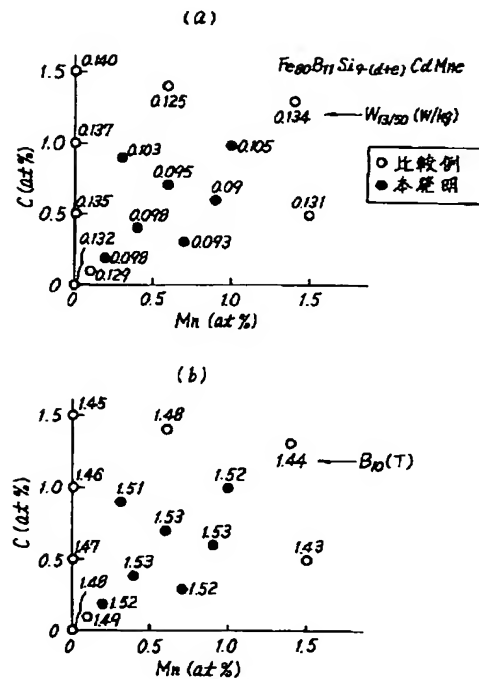
(54) 【発明の名称】 熱的安定性に優れた鉄基非晶質合金

(57) 【要約】

【構成】 化学式 :  $Fe_a B_b Si_c Cd Mne$ ここで  $78 \leq a \leq 82 \text{at}\%$  $9 \leq b \leq 15 \text{at}\%$  $5 \leq c \leq 12 \text{at}\%$  $0.2 \leq d \leq 1.0 \text{at}\%$ 

$0.2 \leq e \leq 1.0 \text{at}\%$  で示される組成になり、 $100^\circ\text{C}$  における  $W_{13/50}$  が  $0.12 \text{W/kg}$  以下で、かつ  $B_{10}$  が  $1.50 \text{T}$  以上を満足する鉄基非晶質合金。

【効果】 高温の動作温度においても、優れた鉄損および磁束密度を得ることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】化学式： $\text{Fe}_a \text{B}_b \text{Si}_c \text{C}_d \text{Mn}_e$ ここで  $78 \leq a \leq 82 \text{at}\%$  $9 \leq b \leq 15 \text{at}\%$  $5 \leq c \leq 12 \text{at}\%$  $0.2 \leq d \leq 1.0 \text{at}\%$  $0.2 \leq e \leq 1.0 \text{at}\%$ で示される組成になり、 $100^\circ\text{C}$ における $W_{13/50}$ が $0.12\text{W/kg}$ 以下で、かつ $B_{10}$ が $1.50\text{T}$ 以上を満足してなる熱安定性に優れた鉄基非晶質合金。【請求項 2】請求項 1 において、添字  $a \sim e$  で示した Fe, B, Si, C および Mn の含有量がそれぞれ、 $79 \leq a \leq 81 \text{at}\%$  $9 \leq b \leq 13 \text{at}\%$  $7 \leq c \leq 11 \text{at}\%$  $0.2 \leq d \leq 1.0 \text{at}\%$  $0.2 \leq e \leq 1.0 \text{at}\%$ 

の範囲を満足する熱安定性に優れた鉄基非晶質合金。

【請求項 3】請求項 1 において、添字  $a \sim e$  で示した Fe, B, Si, C および Mn の含有量がそれぞれ、 $79.5 \leq a \leq 80.5 \text{at}\%$  $10.5 \leq b \leq 11.5 \text{at}\%$  $7.5 \leq c \leq 8.5 \text{at}\%$  $0.2 \leq d \leq 1.0 \text{at}\%$  $0.2 \leq e \leq 1.0 \text{at}\%$ 

の範囲を満足する熱安定性に優れた鉄基非晶質合金。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、熱的安定性に優れた鉄基非晶質合金に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】Fe-B-Siを主要成分とする溶湯を、単ロール法等を用いて  $10^5 \sim 10^6$   $^\circ\text{C/s}$ 程度の冷却速度で急冷凝固させると、板厚が数 $\mu\text{m}$ 程度で、原子の配列が無秩序ないわゆる非晶質合金薄帯が得られる。このような非晶質合金薄帯は、磁化され易く、鉄損および磁束密度等のいわゆる磁気特性に優れることから、トランス用鉄心材料として一部実用化されるに至っている。

【0003】しかしながら、かようなFe-B-Si 3元系非晶質合金薄帯は、ある程度低い鉄損値は得られるものの、その改善効果には限度があり、3元系ではそれ以上低い鉄損は期待できないという問題があった。

【0004】そこで、上記の3元系非晶質合金に、第4成分として種々の元素の添加が試みられている。たとえば、特開昭57-145964号公報では、Fe-B-SiにCを添加することによって、鉄損特性および熱的安定性の改善を図っている。また、特開昭61-136660号公報のように、Fe-B-SiにMnを添加することによって、絶縁被膜特性の改善を図ったものも提案されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記し

たような組成の合金でもなお、 $50 \sim 120$   $^\circ\text{C}$ というトランスの動作温度においては、十分に満足のいく磁気特性を得ることは難しかった。この発明は、上記の問題を有利に解決するもので、室温よりも高い温度で作動する実機トランスの鉄心に使用した場合であっても磁気特性に優れる、熱的安定性に優れた鉄基非晶質合金を提案することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】さて、発明者らは、上記の問題を解決すべく鋭意研究を重ねた結果、Fe-B-Si-C系非晶質合金において、高温の動作温度で磁気特性が劣化する原因すなわち熱的安定性の劣化原因は、磁気特性の向上のために添加されたCにあることが究明された。そこで、発明者らは次に、かかるCの特性改善効果を損なうことなしに、熱的安定性の劣化を補償し得る第5成分について検討を重ねた。その結果、Mnを少量複合添加してやれば、熱的安定性の劣化が有利に解消されて、実機トランスに適用した場合であっても優れた磁気特性が得られることの知見を得た。この発明は、上記の知見に立脚するものである。

## 【0007】すなわち、この発明は、

化学式： $\text{Fe}_a \text{B}_b \text{Si}_c \text{C}_d \text{Mn}_e$ ここで  $78 \leq a \leq 82 \text{at}\%$  $9 \leq b \leq 15 \text{at}\%$  $5 \leq c \leq 12 \text{at}\%$  $0.2 \leq d \leq 1.0 \text{at}\%$  $0.2 \leq e \leq 1.0 \text{at}\%$ で示される組成になり、 $100^\circ\text{C}$ における $W_{13/50}$ が $0.12\text{W/kg}$ 以下で、かつ $B_{10}$ が $1.50\text{T}$ 以上を満足してなる熱安定性に優れた低鉄損鉄基非晶質合金である。【0008】この発明において、より好ましい組成範囲は、上掲化学式において、添字  $a \sim e$  で示した Fe, B, Si, C および Mn の含有量がそれぞれ、 $79 \leq a \leq 81 \text{at}\%$  $9 \leq b \leq 13 \text{at}\%$  $7 \leq c \leq 11 \text{at}\%$  $0.2 \leq d \leq 1.0 \text{at}\%$  $0.2 \leq e \leq 1.0 \text{at}\%$ 

を満足する範囲であり、さらに好ましい組成範囲は、

 $79.5 \leq a \leq 80.5 \text{at}\%$  $10.5 \leq b \leq 11.5 \text{at}\%$  $7.5 \leq c \leq 8.5 \text{at}\%$  $0.2 \leq d \leq 1.0 \text{at}\%$  $0.2 \leq e \leq 1.0 \text{at}\%$ 

を満足する範囲である。

【0009】以下、この発明の基礎となった実験結果について説明する。Fe-B-Si合金に、CおよびMnを種々の範囲で添加した合金溶湯を、単ロール法により、およそ  $10^6$   $^\circ\text{C/s}$ の冷却速度で急冷することにより、厚み：約  $25\mu\text{m}$  の非晶質合金薄帯を製造した。得られた各薄帯の

100℃における $W_{13/50}$ (50Hz, 1.3 Tにおける鉄損)および $B_{10}$ (外部磁界1000 A/mにおける磁束密度)について調べた結果を図1(a), (b)に示す。同図より明らかなように、C添加による熱安定性の劣化がMnを添加することによって軽減され、特にMn: 0.2 ~ 1.0 at%の範囲において良好な結果が得られることが判明した。

#### 【0010】

【作用】この発明において、合金の化学組成を前記の範囲に限定した理由は次のとおりである。

Fe: 78~82at%

Feは、磁性材料としての性質を決定する上で重要な元素である。このFe量が、78at%未満では磁束密度の低下が無視できなくなり、トランス等への応用上問題が生じ、一方82at%を超えると磁気特性のみならず熱的安定性の劣化を招くのでFe含有量は78~82at%の範囲に限定した。なお、近年では、トランス等の動作磁束密度を高くすることにより小型化が可能ことから高磁束密度が望まれているが、かような場合にはFe含有量は80~82at%とすることが望ましい。また、Fe量が81at%を超えると鉄損が幾分増加するので、鉄損と磁束密度の両者を満足するには、79~81at%より好ましくは79.5~80.5at%とすることが望ましい。

#### 【0011】B: 9~15at%

Bは、非晶質化を容易ならしめる有用元素であるが、含有量が9at%未満では非晶質化が困難となり、一方15%を超えると磁束密度が下がり、また熱的安定性も劣化するので、B量は9~15at%の範囲に限定した。より好ましい範囲は9~13at%であり、さらに好ましくは10.5~11.5at%の範囲である。

#### 【0012】Si: 5~12at%

Siは、材料の非晶質化を促進すると共に、キュリー点の熱的安定化に有用な元素であるが、含有量が5at%に満たないとキュリー温度が低くなって、良好な熱的安定性が得られず、一方12at%を超えると磁束密度の低下を招くので、Si量は5~12at%の範囲に限定した。より好ましい範囲は7~11at%であり、さらに好ましくは7.5~8.5 at%の範囲である。

#### 【0013】C: 0.2 ~ 1.0 at%

Cは、磁気特性とくに磁束密度を向上させる有用元素で

あるが、その一方で該特性の熱的安定性の劣化を招く元素でもある。磁気特性の向上のためには、少なくとも0.2at%の添加を必要とするが、1.0at%を超えると後述するMnの添加によっても熱的安定性の劣化を阻止できなくなるので、含有量は0.2~1.0 at%の範囲に限定した。より好ましくは0.4~0.6 at%の範囲である。

#### 【0014】Mn: 0.2 ~ 1.0 at%

Mnは、この発明において特に重要な元素であり、このMn添加によって、C添加に起因した熱的安定性の劣化を効果的に防止することができる。ここに、上記の効果を得るには少なくとも0.2at%の添加を必要とするが、1.0 at%を超えて含有されるとかえって磁束密度の低下を招くので、Mn量は0.2~1.0 at%の範囲に限定した。より好ましくは0.3~0.5 at%の範囲である。

【0015】以上、本合金の適正範囲および好適範囲について述べたが、最適の成分組成は $Fe_{80}B_{11}Si_8C_{0.5}Mn_{0.5}$ で示される組成である。

【0016】次に、この発明合金の製造方法について説明する。非晶質化法については、特に限定されるものではなく、従来公知の単ロール法や双ロール法等いずれもが使用でき、かかる方法を用いて所定組成の合金溶湯を急冷凝固することにより、非晶質合金とすることができ。その後、磁気特性の向上のために、通常、磁場中で歪取り焼鈍を施すが、その際の処理温度は300~450℃程度とするのが好ましい。というのは、処理温度が300℃に満たないと導入された歪を十分に取り去ることができず、一方450℃を超えると結晶化が生じて磁気特性が劣化するおそれ大きいからである。

#### 【0017】

##### 【実施例】

##### 実施例 1

表1に示す種々の化学組成に溶製した合金溶湯を、20~35 m/sの周速度で回転する単ロール上に射出し、急冷凝固させて厚さ: 20~30  $\mu m$  の非晶質合金薄帯とした後、350~400℃の温度にて1時間の磁場中焼鈍を施した。得られた各薄帯の100℃における、鉄損 $W_{13/50}$  および磁束密度 $B_{10}$ について調べた結果を表1に併記する。

#### 【0018】

##### 【表1】

| No. | 化学組成  | 板厚<br>( $\mu\text{m}$ ) | 100℃での<br>$W_{13/50}$ (W/kg) | 100℃での<br>$B_{10}$ (T) | 備考  |
|-----|---|-------------------------|------------------------------|------------------------|-----|
| 1   | $\text{Fe}_{78}\text{B}_{12}\text{Si}_{8.5}\text{C}_{0.8}\text{Mn}_{0.7}$   | 25                      | 0.098                        | 1.50                   | 実施例 |
| 2   | $\text{Fe}_{78.5}\text{B}_{12}\text{Si}_8\text{C}_{0.7}\text{Mn}_{0.8}$     | 24                      | 0.099                        | 1.51                   | "   |
| 3   | $\text{Fe}_{79}\text{B}_{12}\text{Si}_8\text{C}_{0.8}\text{Mn}_{0.2}$       | 28                      | 0.100                        | 1.52                   | "   |
| 4   | $\text{Fe}_{79.5}\text{B}_{11.5}\text{Si}_8\text{C}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}$   | 30                      | 0.100                        | 1.51                   | "   |
| 5   | $\text{Fe}_{80}\text{B}_{12}\text{Si}_{7.5}\text{C}_{0.3}\text{Mn}_{0.2}$   | 25                      | 0.102                        | 1.52                   | "   |
| 6   | $\text{Fe}_{80.5}\text{B}_{11.5}\text{Si}_7\text{C}_{0.6}\text{Mn}_{0.4}$   | 23                      | 0.105                        | 1.52                   | "   |
| 7   | $\text{Fe}_{81}\text{B}_{11.5}\text{Si}_{6.5}\text{C}_{0.4}\text{Mn}_{0.5}$ | 23                      | 0.106                        | 1.53                   | "   |
| 8   | $\text{Fe}_{81.5}\text{B}_{11.5}\text{Si}_6\text{C}_{0.7}\text{Mn}_{0.3}$   | 22                      | 0.106                        | 1.53                   | "   |
| 9   | $\text{Fe}_{82}\text{B}_{11}\text{Si}_8\text{C}_{0.8}\text{Mn}_{0.2}$       | 20                      | 0.108                        | 1.53                   | "   |
| 10  | $\text{Fe}_{78}\text{B}_{13}\text{Si}_9$                                    | 28                      | 0.130                        | 1.48                   | 比較例 |
| 11  | $\text{Fe}_{80}\text{B}_{11}\text{Si}_7\text{C}_2$                          | 25                      | 0.140                        | 1.45                   | "   |
| 12  | $\text{Fe}_{82}\text{B}_{10}\text{Si}_7\text{Mn}_1$                         | 21                      | 0.142                        | 1.46                   | "   |
| 13  | $\text{Fe}_{83}\text{B}_{10}\text{Si}_8\text{C}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}$       | 22                      | 0.154                        | 1.43                   | "   |
| 14  | $\text{Fe}_{80}\text{B}_{11}\text{Si}_7\text{C}_{1.5}\text{Mn}_{0.5}$       | 25                      | 0.125                        | 1.48                   | "   |
| 15  | $\text{Fe}_{80}\text{B}_{10}\text{Si}_9\text{C}_1$                          | 24                      | 0.138                        | 1.44                   | "   |

【0019】同表から明らかなように、この発明に従う非晶質合金薄帯はいずれも、優れた $W_{13/50}$  および $B_{10}$ が得られた。とくに、Fe含有量が80at%以上のものは $B_{10}$ 値に優れていた。

#### 【0020】実施例2

実施例1と同様にした作製した下記の試料

A： $\text{Fe}_{80}\text{B}_{11}\text{Si}_8\text{C}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}$ （発明例）

B： $\text{Fe}_{80}\text{B}_{12}\text{Si}_7\text{C}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}$ （発明例）

C： $\text{Fe}_{80}\text{B}_{12}\text{Si}_8$ （比較例）

D： $\text{Fe}_{80}\text{B}_{12}\text{Si}_7\text{C}_1$ （比較例）

E： $\text{Fe}_{80}\text{B}_{12}\text{Si}_7\text{Mn}_1$ （比較例）

について、磁束密度 $B_{10}$ の温度特性について調査した結果を、図2に示す。同図より明らかなように、この発明に従いCおよびMnを複合添加した場合は、広い温度範囲にわたって高い磁束密度を維持できたのに対し、比較例はいずれも、温度上昇に伴う磁束密度の低下が著しく、

100℃において1.5T以上の $B_{10}$ を得ることはできなかった。

#### 【0021】

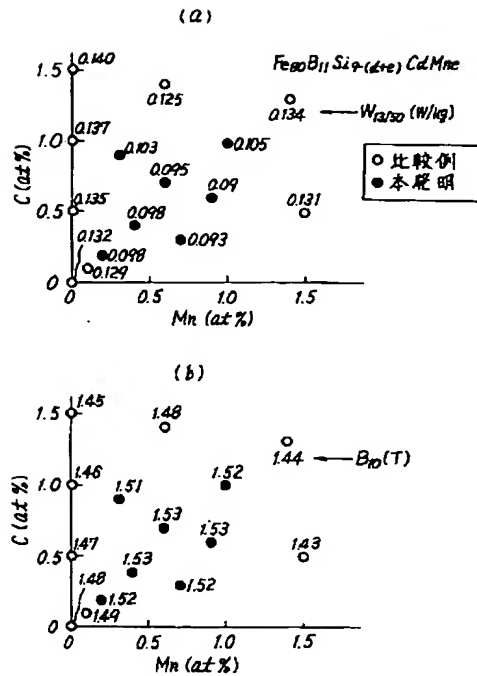
【発明の効果】かくしてこの発明によれば、Fe-B-Si-C系非晶質合金にMnを適量含有させることによって、磁気特性の熱的安定性を格段に向上させることができるので、C添加による磁気特性向上効果を最大限発揮させることができ、その結果100℃程度の高温においても、優れた鉄損および磁束密度を得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

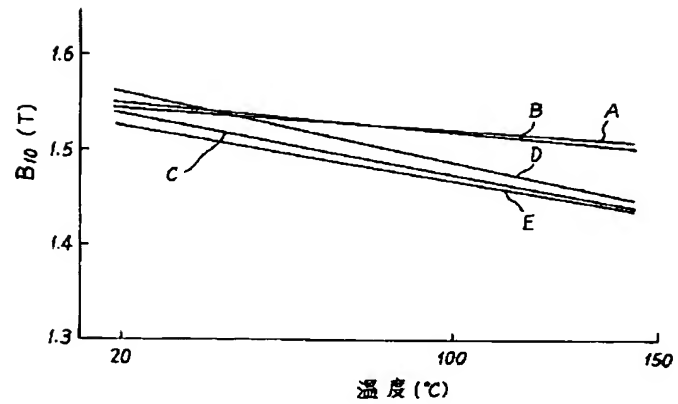
【図1】CおよびMnがFe-B-Si系非晶質合金の鉄損 $W_{13/50}$  および磁束密度 $B_{10}$ に及ぼす影響を示したグラフである。

【図2】発明例および比較例について、磁束密度 $B_{10}$ の温度特性を比較して示したグラフである。

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(72) 発明者 松木 謙典  
千葉県千葉市中央区川崎町 1 番地 川崎製  
鉄株式会社技術研究所内

(72) 発明者 行本 正雄  
千葉県千葉市中央区川崎町 1 番地 川崎製  
鉄株式会社技術研究所内